

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 89890325.7

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: F02B 23/06, F02F 3/26

22 Anmeldetag: 18.12.89

30 Priorität: 15.02.89 AT 341/89

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
22.08.90 Patentblatt 90/34

84 Benannte Vertragsstaaten:  
DE ES FR GB IT NL SE

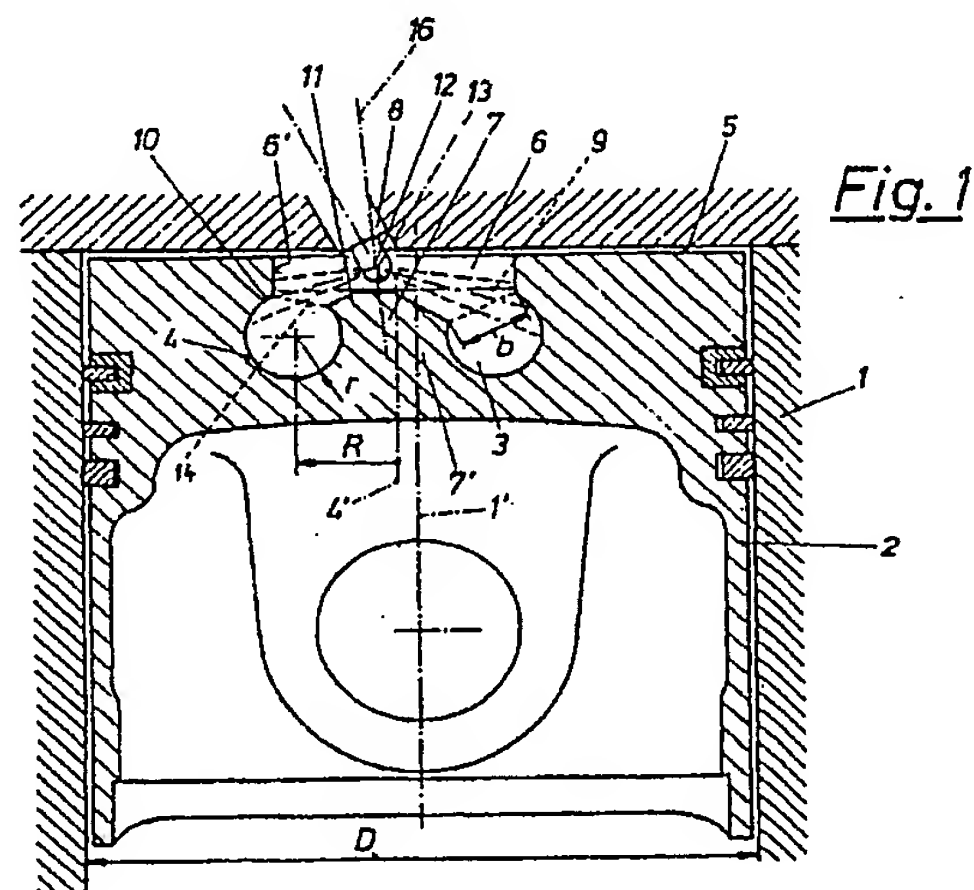
71 Anmelder: AVL Gesellschaft für  
Verbrennungskraftmaschinen und  
Messtechnik mbH. Prof. Dr. Dr. h. c. Hans List  
Kleiststrasse 48  
A-8020 Graz (AT)

72 Erfinder: Schweinzer, Franz, Dipl.-Ing.  
Fischeraustrasse 57/4/25  
A-8051 Graz (AT)  
Erfinder: Maier, Hans  
Stiftingtalstrasse 71  
A-8010 Graz (AT)

74 Vertreter: Krause, Walter, Dr. Dipl.-Ing. et al  
Postfach 200 Singerstrasse 8  
A-1010 Wien (AT)

54 Luftverdichtende, ventilsteuerte Brennkraftmaschine.

57 Bei einer luftverdichtenden, ventilsteuerten  
 Brennkraftmaschine mit direkter Kraftstoffeinspritz-  
 zung und drallbeaufschlagter Ladeluft, mit einem im  
 Kolben angeordneten Brennraum, welcher einen to-  
 rusförmigen Abschnitt aufweist, welcher in Richtung  
 zur Kolbenoberseite in einen eine Einschnürung bil-  
 denden zylinderförmigen Abschnitt übergeht, wobei  
 ein enger, ringförmiger Überströmquerschnitt vom  
 torusförmigen Abschnitt zum zylinderförmigen Ab-  
 schnitt des Brennraumes vorgesehen ist, wird zur  
 Verbesserung der thermischen bzw. strömungstech-  
 nischen Parameter vorgeschlagen, daß die Achse  
 (4') des Brennraumes (3) zwischen der Kuppe der  
 Einspritzdüse (8) und der Zylinderachse (1) ange-  
 ordnet ist, daß der ringförmige Überströmquerschnitt  
 (14) in seiner Breite (b) variiert und in dem der  
 Kuppe (12) der Düsennadel (8) am nächsten liegen-  
 den Bereich (15) die engste Stelle aufweist, sowie  
 daß der Oberteil (11) des zentrischen Mittenteils (7)  
 asymmetrisch ausgebildet ist und im O.T. des Kol-  
 bens (2) einen minimalen Abstand zu den Einspritz-  
 strahlen (9) aufweist.



# Luftverdichtende, ventilsteuerte Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft eine luftverdichtende, ventilsteuerte Brennkraftmaschine mit direkter Kraftstoffeinspritzung und drallbeaufschlagter Ladeluft, mit einem im Kolben angeordneten Brennraum, welcher einen torusförmigen Abschnitt aufweist, welcher in Richtung zur Kolbenoberseite in einen eine Einschnürung bildenden zylinderförmigen Abschnitt übergeht, wobei ein an der Bildung des torusförmigen Abschnittes beteiligter zentrischer Mittenteil vorgesehen ist, dessen Oberteil im O.T. des Kolbens bis knapp unterhalb des Kraftstoffstrahl-Bereiches der Einspritzdüse reicht und zusammen mit der Einschnürung einen engen, ringförmigen Überströmquerschnitt vom torusförmigen Abschnitt zum zylinderförmigen Abschnitt des Brennraumes bildet.

Eine Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art ist aus der EP-A 0 271 478 bekannt. Der Brennraum dieser Brennkraftmaschine ist vom zentralen Bereich her durch einen rotationsförmigen Mittenteil begrenzt, dessen Oberteil mit der vom zylinderförmigen Abschnitt gebildeten Einschnürung einen engen kreisringförmigen Überströmquerschnitt bildet. Die Kraftstoffstrahlen der Einspritzdüse sind auf den Übergangsbereich zwischen torusförmigen und zylinderförmigen Abschnitt des Brennraumes gerichtet. Durch die Ausbildung des engen, ringförmigen Überströmquerschnittes wird eine hohe Gemischbildungsenergie bereitgestellt, wobei auftretende Drosselverluste eben durch diese erhöhte Gemischbildungsenergie und den daraus resultierenden besseren Verbrennungswerten kompensiert werden.

Besonders bei Brennkraftmaschinen mit hohem Einspritzdruck, wobei durchaus Spitzendrücke zwischen 600 bis über 1000 bar realisiert werden, kann der wandverteilte Kraftstoffanteil besser aufbereitet werden, als bei früher üblichen torusförmigen Brennräumen, wie diese beispielsweise aus der CH-PS 175 433 bekannt sind.

Der Mittenteil im Zentrum des Brennraumes der Brennkraftmaschine nach der EP-A 0 271 478 und die große verfügbare Oberfläche des Brennraumes verhindern ein für die Verbrennung nachteiliges Ineinanderlaufen von Kraftstofffilmen, die von verschiedenen Einspritzstrahlen stammen. Gleichzeitig verringert dieser Mittenteil die Ausbildung turbulenzarmer Zonen im Zentrum des Brennraumes. Die durch den engen Überströmquerschnitt im Zusammenhang mit dem Drall der Ladeluft erzeugte hohe Geschwindigkeit der Ladung bleibt in der torusförmigen Ringkammer über einen längeren Zeitraum erhalten und sorgt so für eine optimale Kraftstoffaufbereitung.

Als vorteilhafte Auswirkungen auf das Betriebs-

verhalten der Brennkraftmaschine sind folgende zu nennen: Die rauchbegrenzende Vollast kann erhöht werden. Es ist möglich, hohe Verdichtungen ( $\epsilon = 19$  bis 24) zu realisieren, woraus ein niedrigeres Verbrennungsgeräusch durch kleineren Zündverzug, geringere Kohlenwasserstoff-Emissionen, ein günstigeres Startverhalten des Motors und eine Verbesserung des Wirkungsgrades der Brennkraftmaschine resultieren. Weiters ergibt sich die Möglichkeit, den Zündzeitpunkt in Richtung "spät" zu verlegen, ohne wesentlichen Rauch-, Verbrauchs- und HC-Anstieg, durch die Tatsache, daß die Gemischbildungsenergie über einen längeren Zeitraum hoch bleibt. Diese Möglichkeit bedeutet vor allem eine Absenkung von Stickoxiden, Verbrennungsgeräusch und Zylinderspitzendruck.

Nachteile treten lediglich dann auf, wenn bedingt durch eine exzentrische Lage der Kuppe der Einspritzdüse der mit seiner Achse im Bereich der Spitze der Einspritzdüse liegende Brennraum eine derart exzentrische Position im Kolben einnimmt, daß aufgrund unterschiedlicher Restwandstärken unterschiedliche thermische Belastungen entlang des Kolbenumfangs auftreten bzw. der zur Kolbenachse orientierte Drall, der durch den Einlaßkanal einströmenden Luft durch die exzentrische Lage des Brennraumes im torusförmigen Bereich nicht voll zur Kraftstoffaufbereitung ausgenützt werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß die obenangeführten Vorteile auch bei Brennkraftmaschinen mit konstruktionsbedingt exzentrischer Lage der Einspritzdüse voll zur Geltung kommt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Achse des Brennraumes zwischen der Kuppe der Einspritzdüse und der Zylinderachse angeordnet ist, daß der ringförmige Überströmquerschnitt in seiner Breite variiert und in dem der Kuppe der Düsenadel am nächsten liegenden Bereich die engste Stelle aufweist, sowie daß der Oberteil des zentrischen Mittenteils asymmetrisch ausgebildet ist und im O.T. des Kolbens einen minimalen Abstand zu den Einspritzstrahlen aufweist. Durch die Verlagerung des Brennraumes weiter zur Kolben- bzw. Zylinderachse, erfolgt eine gleichmäßigere thermische Belastung des Kolbens, zusätzlich wird die Rotationsenergie der einströmenden Luft besser ausgenützt, was zu einer höheren Gemischbildungsenergie führt. Durch den in seiner Breite variierten Übergangsquerschnitt ist im Auftreffbereich der kürzeren Einspritzstrahlen das Verhältnis der Breite des Überströmquerschnittes zum Durchmesser der erzeugenden Kreisfläche

des Torus kleiner als im Auftreffbereich der längeren Einspritzstrahlen. Dies führt durch die Intensivierung der örtlichen Luftbewegung zur besseren Aufbereitung des in diesem Bereich erhöhten Wandanteiles des eingespritzten Kraftstoffes.

Um den Abstand des Oberteils des zentrischen Mittenteiles zu den Einspritzstrahlen zu minimieren, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß der Oberteil des zentrischen Mittenteils im wesentlichen als Kegel oder als Kegelstumpf ausgebildet ist, welcher eine die Düsenkuppe im O.T. des Kolbens aufnehmende Freistellung oder Ausnehmung aufweist. Es ist auch möglich von der Kegelform abzuweichen und beispielsweise den Oberteil als Teil einer Kugel auszuführen, solange der geforderte minimale Abstand der Einspritzstrahlen eingehalten werden kann.

Für den im Sinne der Erfindung abgeänderten Brennraum hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn 4- bis 9-Lochdüsen bei einem mittleren Drallniveau  $(n_D/n)_m = 1,5$  bis 3,0 verwendet werden, worin  $n_D$  die im Stationärversuch ermittelte Flügel-drehzahl des Drallmeßgerätes und  $n$  die aus der gemessenen Durchflußmenge berechnete Motordrehzahl ist, und der Index  $m$  ausdrückt, daß das Verhältnis  $n_D/n$  den von O.T. bis U.T. des Kolbens integrierten Mittelwert darstellt.

Dabei sollte die mittlere freie Strahllänge erfindungsgemäß 15 bis 35 % des Zylinderdurchmessers  $D$  betragen.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des Brennraumes der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine wird dadurch erreicht, daß die Mantelerzeugende des Oberteiles des zentrischen Mittenteiles im O.T. des Kolbens einen äquidistanten Abstand  $d_1$  von 2 bis 8 mm zur Mittelachse der Einspritzstrahlen aufweist, oder daß die Mantelerzeugende des Oberteiles des zentrischen Mittenteiles im O.T. des Kolbens einen äquidistanten Abstand  $d_2$  von 1 bis 6 mm zum Ausbreitungskegel der Einspritzstrahlen aufweist, wobei der Öffnungswinkel  $\alpha$  des Ausbreitungskegels 4 bis 20° beträgt.

Dabei ist es schließlich von Vorteil, wenn die Achse des für die Mittelachsen aller Einspritzstrahlen gemeinsamen Kegels mit der Rotationsachse des vorzugsweise kegel- oder kegelstumpfförmigen Oberteiles zusammenfällt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Axialschnitt durch den Zylinder einer Brennkraftmaschine nach der Erfindung,

Fig. 2 eine Draufsicht auf den Kolben nach Fig. 1,

Fig. 3 eine Ausführungsvariante nach Fig. 1 im Detail,

Fig. 4 eine Draufsicht auf die Ausführungsvariante nach Fig. 3,

Fig. 5a bis 5c Details der Brennraumkontur

und

Fig. 6 ein Diagramm, welches den Abstand der Mittelachse der Einspritzstrahlen in Abhängigkeit von der Strahllänge darstellt.

Gleiche Teile sind jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

Der im Zylinder 1 mit dem Durchmesser  $D$  axial bewegliche Kolben 2 weist einen Brennraum 3 auf, welcher aus einem torusförmigen Abschnitt 4 besteht, dessen Mittelpunktskreisradius mit  $R$  bezeichnet ist und dessen erzeugender Kreis einen Radius  $r$  besitzt. Es ist natürlich möglich von der Kreisfläche abweichende erzeugende Flächen für den torusförmigen Abschnitt zu verwenden, insbesondere solche bei welchen der torusförmige Abschnitt 4 aus zwei stetig ineinander übergehenden Teilen mit jeweils unterschiedlichem  $R$  und  $r$  zusammengesetzt ist. Der Brennraum 3 weist ferner eine zur Zylinderachse 1' parallele Achse 4' und einen zur Kolbenoberseite 5 hin offenen zylinderförmigen Abschnitt 6 auf, der gegenüber dem torusförmigen Abschnitt 4 des Brennraumes 3 eine Einschnürung 6' bildet. Der Brennraum 3 weist einen Mittenteil 7 auf, der in seinem unteren Teil 7' an der Bildung des torusförmigen Abschnittes 4 des Brennraumes 3 beteiligt ist und mit seinem Oberteil 11 im O.T. des Kolbens 2 bis knapp unterhalb der von der Einspritzdüse 8 ausgehenden Kraftstoffstrahlen 9 bleibt, sodaß die obere Begrenzungsfläche des Mittenteiles 7 von den Einspritzstrahlen nicht oder nur geringfügig benetzt wird. Die Einspritzstrahlen 9 sind gegen den Übergangsbereich 10 des torusförmigen Abschnittes 4 zum zylindrischen Abschnitt 6 des Brennraumes gerichtet.

Wie insbesondere aus Fig. 1 ersichtlich, liegt die Einspritzdüse 8 außerhalb der Zylinderachse 1'. Bedingt durch die Verlagerung des Brennraumes 3 in Richtung zur Zylinderachse 1' kommt es zu einer exzentrischen Lage der Kuppe 12 der Einspritzdüse 8, wobei es hier im wesentlichen auf die exzentrische Anordnung der Einspritzstrahlwurzeln 13 im Bezug auf die Achse 4' des Brennraumes 3 ankommt. Soll nun der Oberteil 11 des zentrischen Mittenteiles 7 im O.T. des Kolbens 2 einen minimalen Abstand zu den Einspritzstrahlen 9 aufweisen, so muß der Oberteil 11 asymmetrisch, beispielsweise als schiefer Kegel oder Kegelstumpf ausgebildet sein, wobei die Achse 16 dieses Kegels mit der Achse des für die Mittelachsen aller Einspritzstrahlen 9 gemeinsamen Kegels zusammenfallen kann. Der ringförmige Überströmquerschnitt 14 zwischen torusförmigem 4 und zylinderförmigem Abschnitt 6 variiert dadurch in seiner Breite  $b$ , wobei - wie insbesondere in Fig. 2 ersichtlich - in dem der Kuppe 12 der Düsenadel 8 näherliegenden Bereich 15 die engste Stelle liegt.

Bei der in Fig. 3 und 4 dargestellten Ausführ-

rungsvariante ist der Oberteil 11 des Mittenteils 7 als Kegel ausgeführt, dessen Spitze 17 gegenüber der Achse 4' des Brennraumes 3 verschoben ist, wodurch die Breite b des Übergangsquerschnittes 14 von dem durch die strichlierte Linie 18 angegebenen konstanten Wert abweicht und der Übergangsquerschnitt im Bereich 15 die engste Stelle annimmt.

Bei der in den Fig. 5a bis 5c dargestellten Variante des Brennraumes 3 ist jeweils lediglich ein Teil der Kontur des Oberteils 11 des zentralen Mittenteils 7 dargestellt, wobei insbesondere die Lage bzw. der Abstand der Mantelerzeugenden 19 des Oberteils 11 zum Einspritzstrahl 9 hervorgehoben ist. Die Düsenkuppe 12 wird hier im O.T. des Kolbens von einer Ausnehmung 20 im Oberteil aufgenommen.

So weist beispielsweise in Fig. 5a die Mantelerzeugende 19 im O.T. des Kolbens einen äquidistanten Abstand  $d_1$  von 2 bis 8 mm zur Mittelachse 21 des Einspritzstrahles 9 auf. In Fig. 5b ist die Mantelerzeugende 19 1 bis 6 mm vom Ausbreitungskegel 22 des Einspritzstrahles 9 entfernt, wobei der entsprechende Abstand mit  $d_2$  bezeichnet ist.

Schließlich genügt der Abstand  $d_3$  zwischen Mantelerzeugender 19 und Mittelachse 21 des Einspritzstrahles 9 in Fig. 5c der Gleichung  $d_3 = f(1)$ , wobei  $f(1)$  durch das Diagramm in Fig. 6 wiedergegeben wird und 1 die von der Strahlwurzel gemessene Länge des Einspritzstrahles ist. Der Öffnungswinkel  $\alpha$  des Ausbreitungskegels 22 beträgt 4 bis 20°.

## Ansprüche

1. Luftverdichtende, ventilgesteuerte Brennkraftmaschine mit direkter Kraftstoffeinspritzung und drallbeaufschlagter Ladeluft, mit einem im Kolben angeordneten Brennraum, welcher einen torusförmigen Abschnitt aufweist, welcher in Richtung zur Kolbenoberseite in einen einschnürenden zylinderförmigen Abschnitt übergeht, wobei ein an der Bildung des torusförmigen Abschnittes beteiligter zentraler Mittelteil vorgesehen ist, dessen Oberteil im O.T. des Kolbens bis knapp unterhalb des Kraftstoffstrahl-Bereiches der Einspritzdüse reicht und zusammen mit der Einschnüfung einen engen, ringförmigen Überströmquerschnitt vom torusförmigen Abschnitt zum zylinderförmigen Abschnitt des Brennraumes bildet, wobei die mit Düsenöffnungen versehenen Kuppe der Einspritzdüse exzentrisch im Zylinder angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Achse (4') des Brennraumes (3) zwischen der Kuppe der Einspritzdüse (8) und der Zylinderachse (1') angeordnet ist, daß der ringförmige Überströmquerschnitt

(14) in seiner Breite (b) variiert und in dem der Kuppe (12) der Düsenadel (8) am nächsten liegenden Bereich (15) die engste Stelle aufweist, sowie daß der Oberteil (11) des zentralen Mittenteils (7) asymmetrisch ausgebildet ist und im O.T. des Kolbens (2) einen minimalen Abstand zu den Einspritzstrahlen (9) aufweist.

2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Oberteil (11) des zentralen Mittenteils (7) im wesentlichen als Kegel oder als Kegelstumpf ausgebildet ist, welcher eine die Düsenkuppe (12) im O.T. des Kolbens (2) aufnehmende Freistellung oder Ausnehmung (20) aufweist.

3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch die Verwendung einer 4- bis 9-Lochdüse bei einem mittleren Drallniveau  $(n_D/n)_m = 1,5$  bis 3,0, worin  $n_D$  die im Stationärversuche ermittelte Flügeldrehzahl des Drallmeßgerätes und  $n$  die aus der gemessenen Durchflußmenge berechnete Motordrehzahl ist, und der Index m ausdrückt, daß das Verhältnis  $n_D/n$  den von O.T. bis U.T. des Kolbens integrierten Mittelwert darstellt.

4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere freie Strahlänge 15 bis 35 % des Zylinderdurchmessers D beträgt.

5. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantelerzeugende (19) des Oberteils (11) des zentralen Mittenteils (7) im O.T. des Kolbens (2) einen äquidistanten Abstand  $d_1$  von 2 bis 8 mm zur Mittelachse (21) der Einspritzstrahlen (9) aufweist.

6. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantelerzeugende (19) des Oberteils (11) des zentralen Mittenteils (7) im O.T. des Kolbens (2) einen äquidistanten Abstand  $d_2$  von 1 bis 6 mm zum Ausbreitungskegel (22) der Einspritzstrahlen (9) aufweist, wobei der Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) des Ausbreitungskegels 4 bis 20° beträgt.

7. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Achse (16) des für die Mittelachsen (21) aller Einspritzstrahlen (9) gemeinsamen Kegels mit der Rotationsachse des vorzugsweise kegel- oder kegelförmigen Oberteils (11) zusammenfällt.



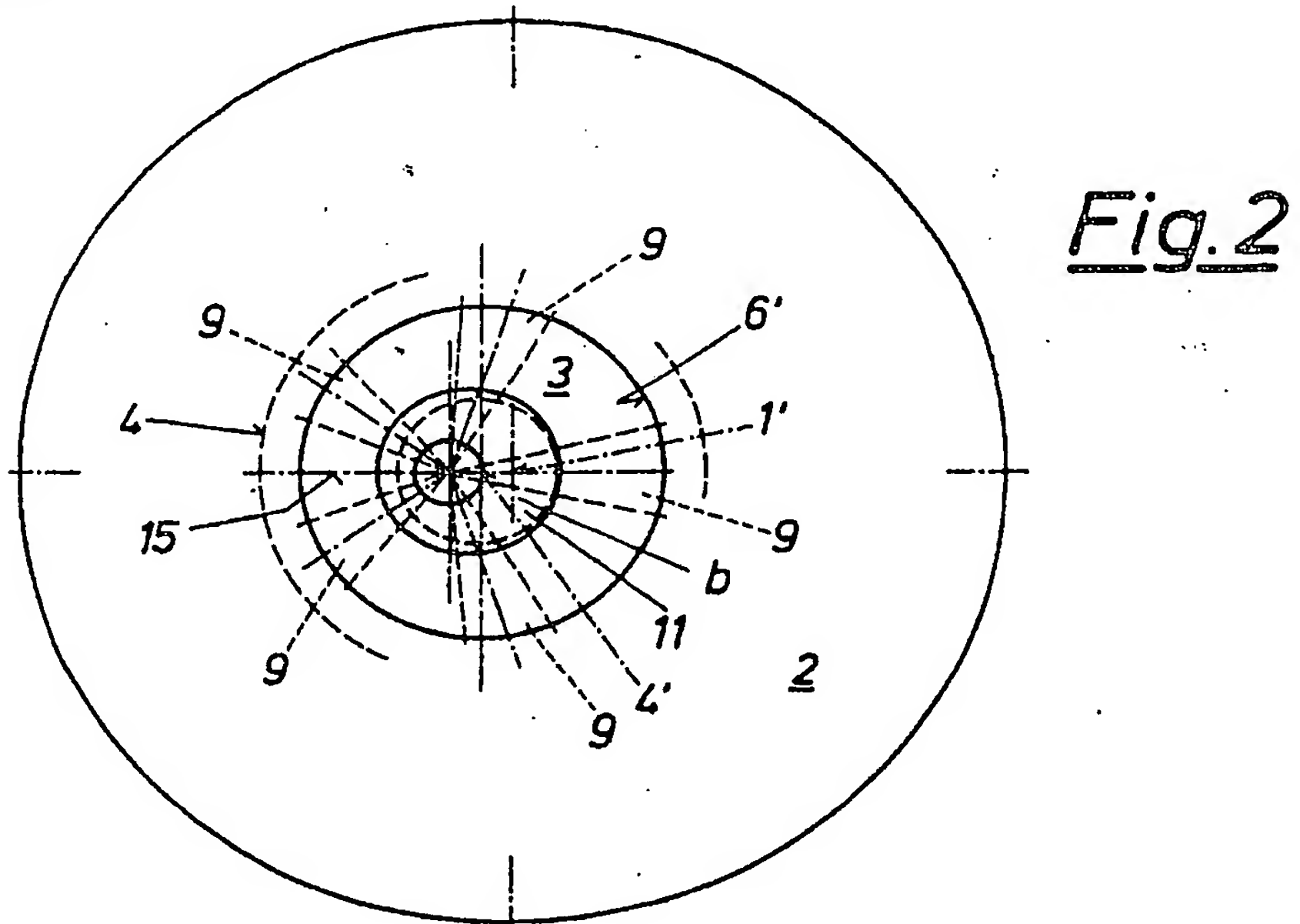
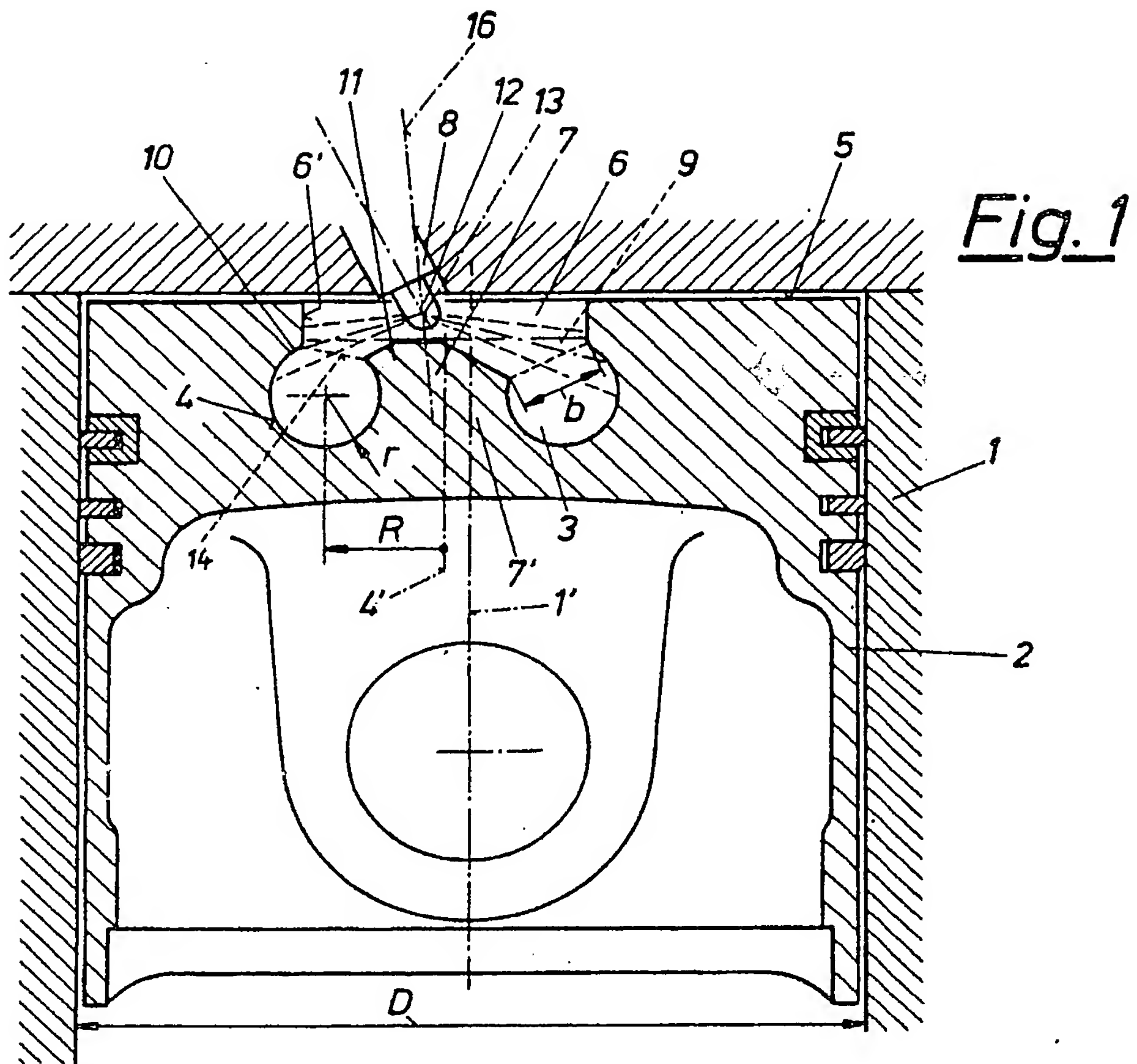


Fig. 3

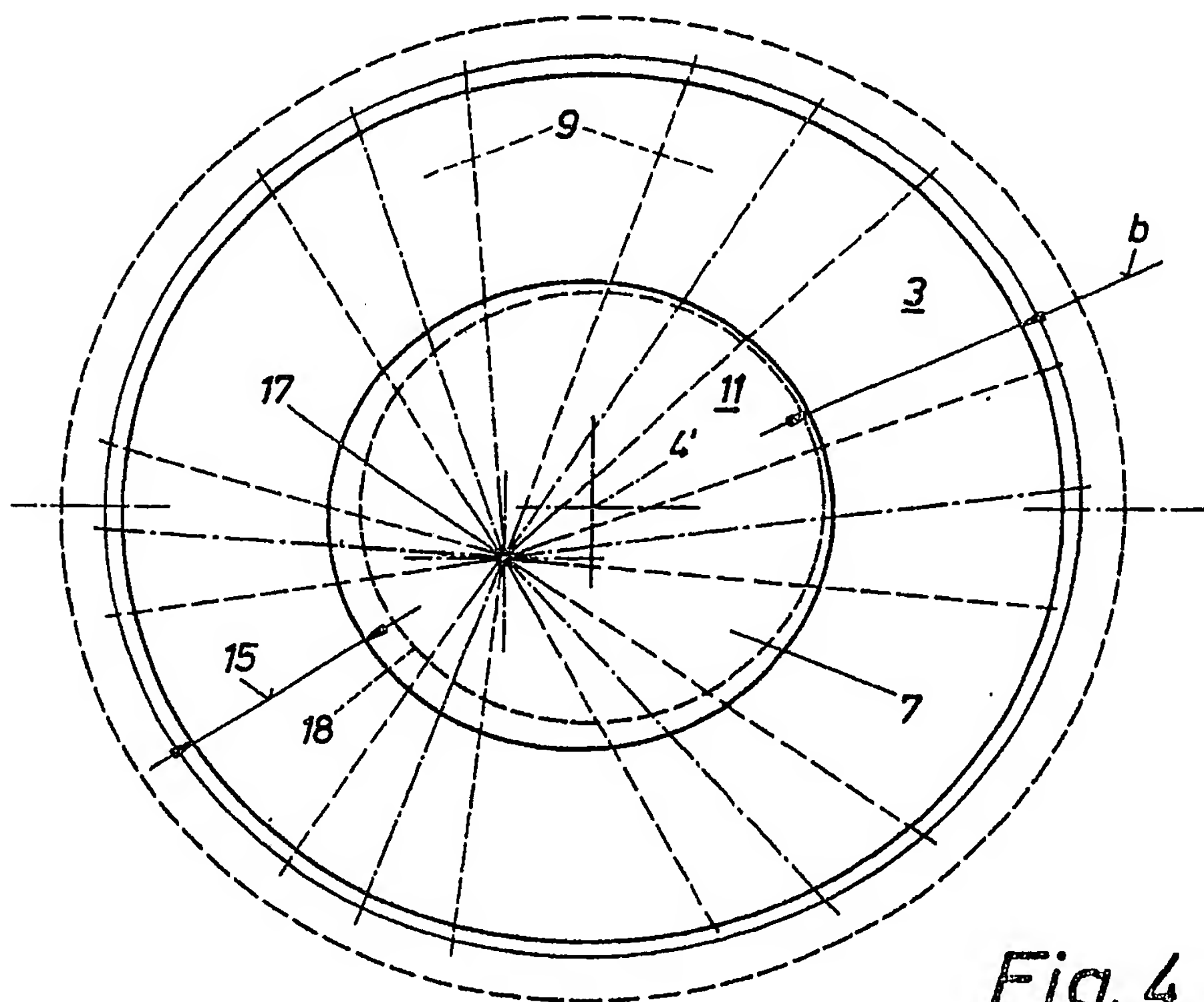
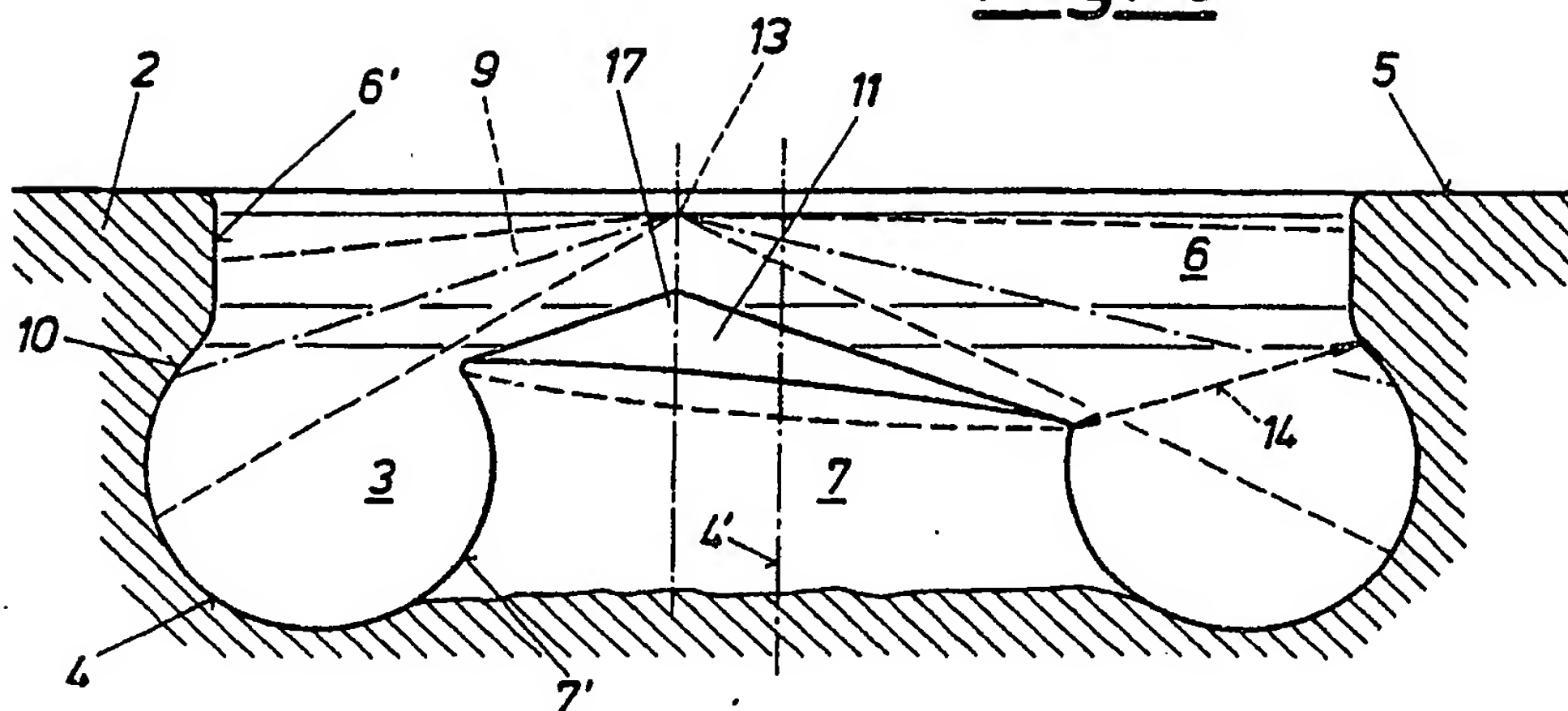


Fig. 4

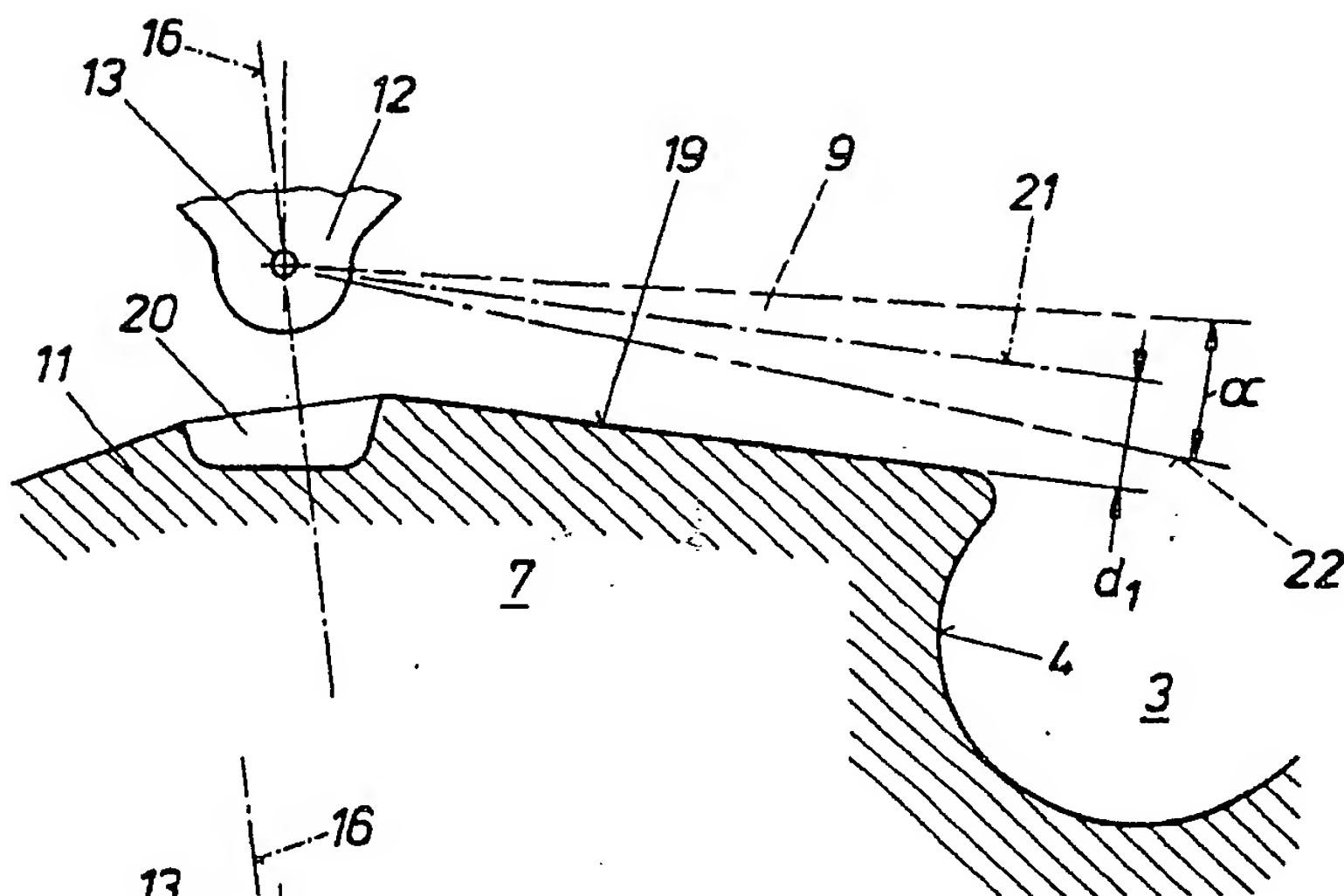


Fig. 5a

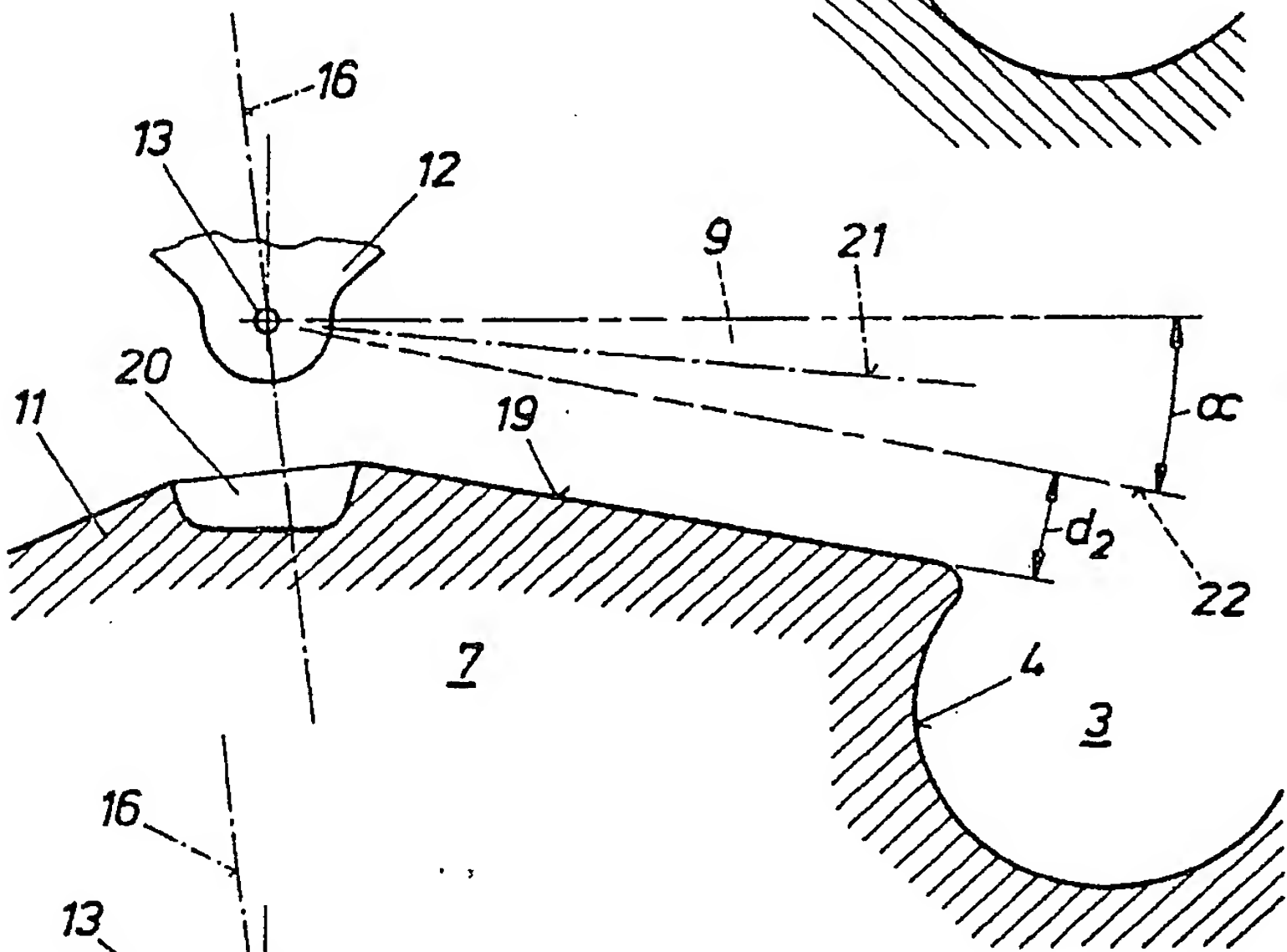


Fig. 5b

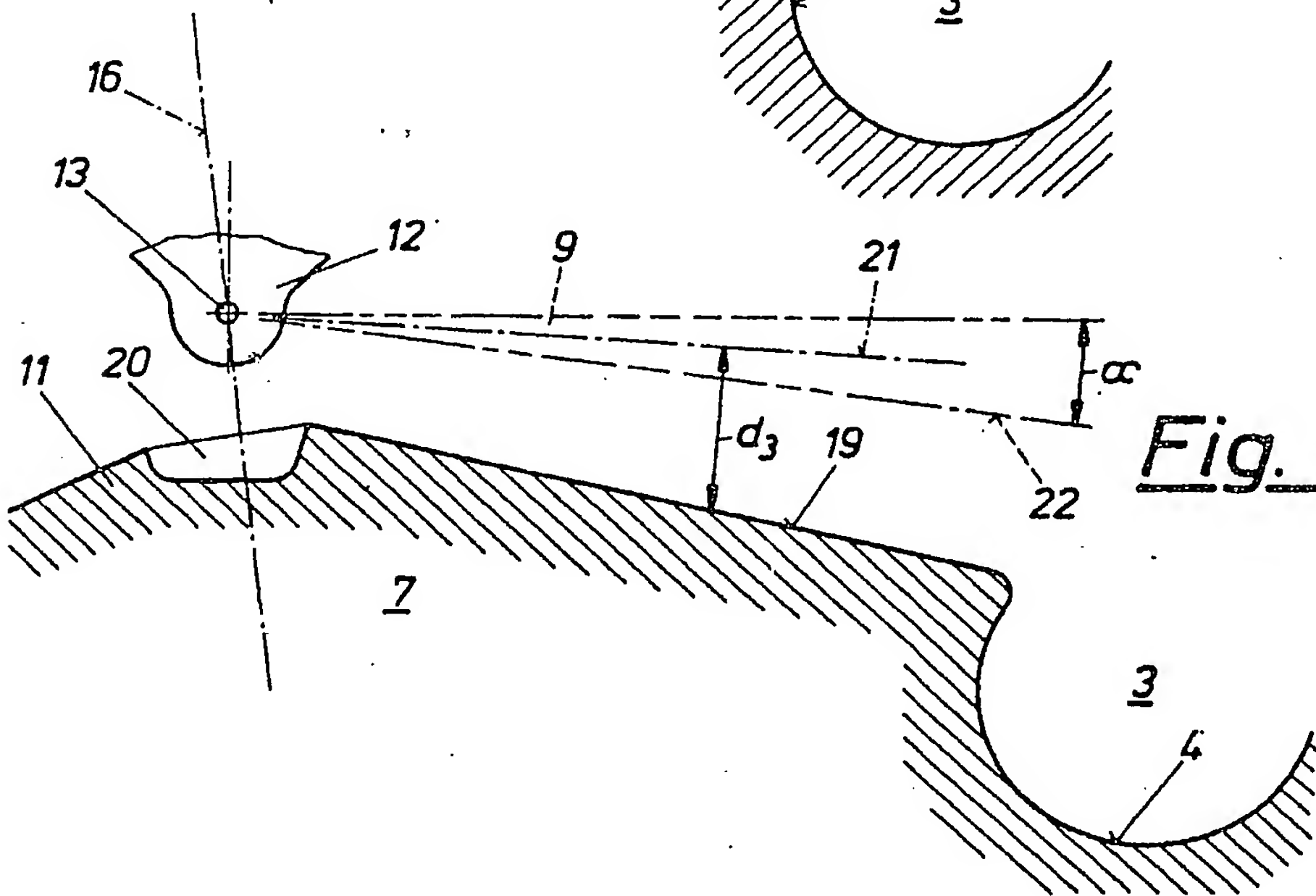


Fig. 5c

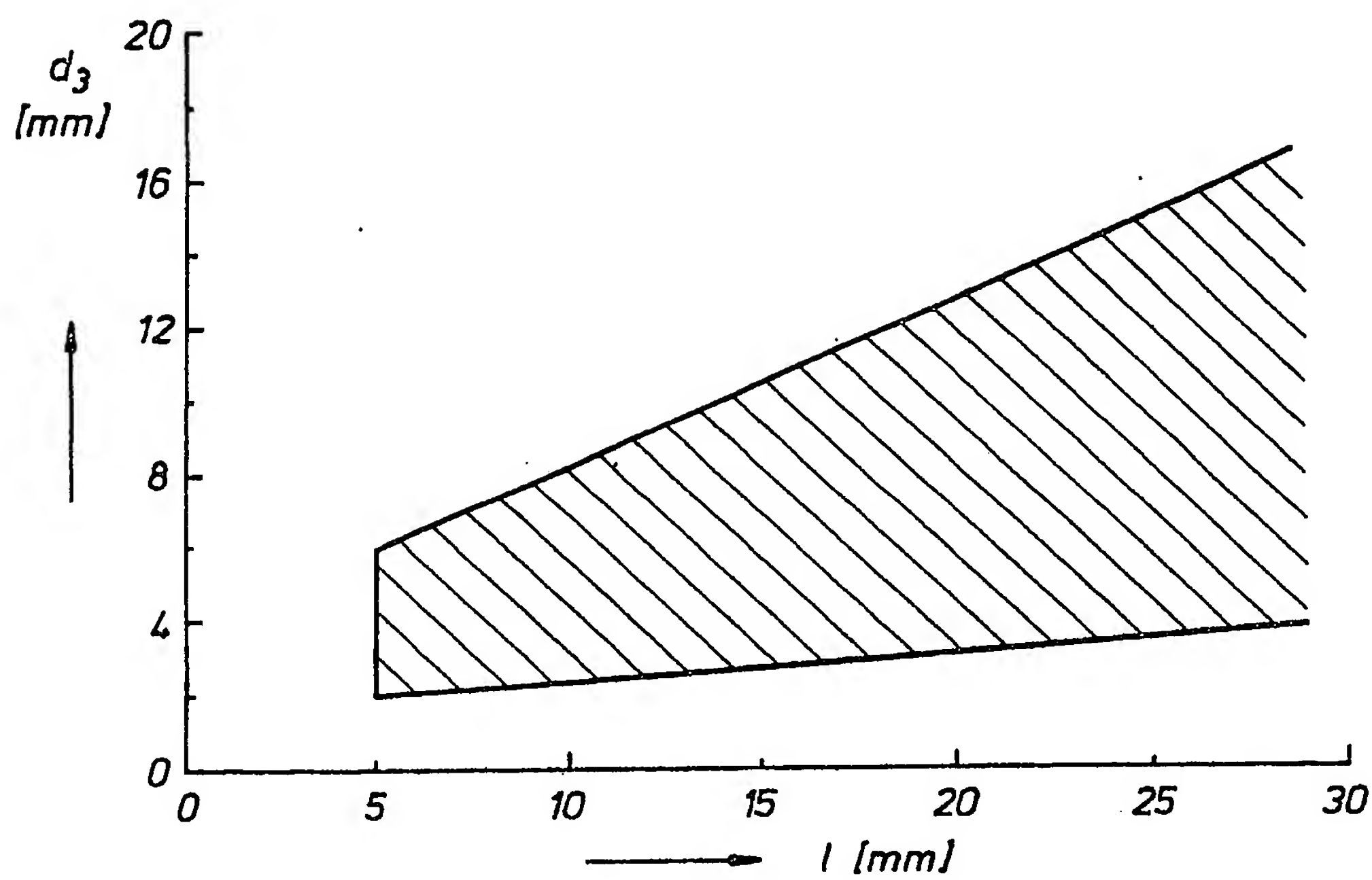


Fig. 6





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 89 89 0325

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	GB-A-2039608 (KHD) * Seite 2, Zeile 81 - Seite 2, Zeile 130; Figur 1a *	1	F02B23/06 F02F3/26
A	DE-B-1022415 (KRUG) * Spalte 4, Zeile 1 - Spalte 4, Zeile 66; Figuren 1, 2 *	1	
A	GB-A-2103713 (MASSEY-FERGUSON-PERKINS) * Seite 2, Zeile 33 - Seite 3, Zeile 14; Figuren 1-5 *	1, 2	
A	FR-A-2406722 (BERLIET) * Seite 4, Zeile 2 - Seite 5, Zeile 6; Figur 3 *	1, 2, 3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F02B F02F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche		Prüfer
DEN HAAG	09 APRIL 1990		WASSENAAR G.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**